

Aus dem anatomischen Institut der Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. G. Töndury)
Arbeit unter Leitung von Prof. Dr. O. Bucher

Der funktionelle Bau der Atrioventrikularklappen des Menschen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der medizinischen Fakultät
der Universität Zürich

vorgelegt von

Hans Ulrich Debrunner

von Winterthur und Mettendorf (Thurgau)

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. G. Töndury



Basel 1949

Verlag von S. Karger in Basel



Aus dem Anatomischen Institut der Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. G. Töndury)
Arbeit unter Leitung von Prof. Dr. O. Bucher

DER FUNKTIONELLE BAU DER
ATRIOVENTRIKULARKLAPPEN DES MENSCHEN

von HANS ULRICH DEBRUNNER

INHALTSANGABE

I. Einleitung	132
II. Untersuchungsmaterial	133
III. Untersuchungsmethoden	133
IV. Morphologie der Atrioventrikularklappen	135
V. Eigene Untersuchungen	139
VI. Besprechung der Ergebnisse unter Berücksichtigung der funktionellen Beanspruchung	148
VII. Zusammenfassung	151
VIII. Literaturverzeichnis	152

I. Einleitung.

Die Methoden, die bisher zur Untersuchung des Baues der Herzklappen angewandt wurden, beschränkten sich auf die äußere Berücksichtigung ganzer Klappen und die mikroskopische Betrachtung von Schnitten. Zusammenfassende Darstellungen der makroskopischen Anatomie findet man bei *P. Poirier* (1912), *J. Tandler* (1913) und anderen; den heutigen Stand der Kenntnisse im mikroskopischen Bereich geben *A. Benninghoff* (1930) und *L. Gross* (1931) wieder. Neuere Arbeiten, die sich mit den Klappen befassen, berichten vor allem über das Vorkommen von Gefäßen in den Atrioventrikularklappen, so diejenigen von *D. Rutherford* (1932), *W. F. Harper* (1938–1945) und *G. Hjelman* und Mitarb. (1941). *H. Ziegenmeyer* (1940) untersuchte die Spaltlinien des Endocards und beschrieb dabei auch diejenigen des Klappenendocards.

Die vorliegende Arbeit will diese Untersuchungen ergänzen und, um damit eine Lücke in unseren Kenntnissen zu schließen, vor

allem durch die Untersuchung der räumlichen Anordnung des Baumaterials einen Beitrag zur Kenntnis des Faserverlaufs im Klappenskelett liefern. Die technischen Schwierigkeiten, die dabei zu überwinden waren, erklären vielleicht, daß bisher keine solchen Untersuchungen veröffentlicht wurden.

II. Untersuchungsmaterial.

Es gelangten nur gesunde menschliche Herzen zur Untersuchung, pathologisch veränderte wurden davon ausgeschlossen. Herzklappen von Leichen, die aus dem Präpariersaal des anatomischen Institutes der Universität Zürich stammten, dienten zur makroskopischen Präparation.

Für mikroskopische, z. T. auch für makroskopische Untersuchungen standen mir Herzen zur Verfügung, die in Formol oder Bouinscher Flüssigkeit fixiert wurden¹⁾. Die folgende Zusammenstellung gibt über diese eine kurze Übersicht.

Tab. 1. Übersicht über die untersuchten Herzen.

	Geschlecht	fixiert nach	Todesursache
	Alter		
1.	w. 4 Std.	8 Std.	Frühgeburt im 8. Monat
2.	w. 14 Wochen	26 Std.	Pneumonie
3.	m. 5 Monate	16 Std.	Invagination
4.	w. 10 Monate	16 Std.	Meningitis tbc.
5.	m. 12 Monate	14 Std.	Pneumococcenmeningitis
6.	w. 7 Jahre	14 Std.	Schädelfraktur (Unfall)
7.	m. 14 Jahre	12 Std.	Hirnabszeß nach Otitis media
8.	m. 18 Jahre	15 Std.	Schädelfraktur (Unfall)
9.	m. 20 Jahre	2 Std.	Meningitis tbc.
10.	m. 32 Jahre	4 Std.	Decapitatus
11.	w. 34 Jahre	16 Std.	Tubarruptur
12.	m. 48 Jahre	12 Std.	Amyotrophische Lateralsklerose
13.	m. 62 Jahre	8 Std.	Lungenembolie

III. Untersuchungsmethoden.

A. Makroskopische Präparate.

a) *Stichelung*. Sticht man mit einer drehrunden, feinen Nadel senkrecht ins Gewebe einer Klappe, so werden die Bindegewebsfasern auseinandergedrängt, und es entsteht ein ovalärer Spalt, dessen Längsrichtung mit der Faserrichtung übereinstimmt. Taucht man die Nadel vor dem Einstechen in Tusche, so wird beim Herausziehen etwas davon im Spalt zurückgehalten: damit ist die Spalte deutlich erkennbar. Bei der Lupenbetrachtung eines solchen Spaltes sieht man,

¹⁾ Für die Überlassung dieser Präparate möchte ich hier Herrn P.-D. Dr. H. U. Zollinger vom pathologischen Institut der Universität Zürich (Dir. Prof. H. v. Meyenburg) bestens danken.

daß durch einen Stich verschieden verlaufende Schichten mit verschiedener Faserichtung getroffen sein können, besonders, wenn zu tief oder mit einer dicken Nadel gestochen wurde. Ich zeichnete jeweilen den oberflächlichsten Spalt ein, um nur die Spalttrichtung des Endocards zu erhalten. Die tieferen Schichten werden besser mittels anderer Methoden untersucht (s. u.). Werden die Spalten, die 1–3 mm auseinanderliegen können, in ihrer Längsrichtung durch Linien verbunden, erhält man die Spaltlinien; diese geben einen Anhaltspunkt über den Verlauf der Fasern. Verlaufen alle Fasern der betreffenden Schicht ungefähr parallel, so stimmt auch die Spaltlinie mit der Faserrichtung überein. Sind die Kollagenfasern aber stark miteinander verflochten, so stimmt die Spalttrichtung nur mit der Hauptfaserrichtung resp. der Resultante der Hauptverlaufsrichtungen überein.

Zum Sticheln wurden die Atrioventrikularklappen mitsamt dem Herzskelett und der anschließenden Muskulatur aus den Herzen geschnitten, um die Klappen zerrungsfrei untersuchen zu können. Die Spaltlinien wurden mit dem Zeichenapparat nach *Abbe* bei 5–10-facher Vergrößerung gezeichnet. Die Einzelzeichnungen wurden z. T. kombiniert zur Darstellung ganzer Klappen (s. Abb. 3).

b) *Lupenpräparation*. Die Stichmethode gibt wohl den Verlauf der Endocardfaserung wieder, die tiefen Schichten der Klappen können damit jedoch nicht erfaßt werden. In deren Aufbau erhielt ich vor allem durch die Präparation unter der Binokularklappe (bei 10–20-facher Vergrößerung) Einblick. Mit feinen Pincetten und Messern werden dabei die einzelnen Faserzüge in ihrem Verlauf möglichst weit verfolgt. Ich vermied es, künstliche Faserzüge herauszupräparieren. Kurze Mazeration in KOH 10% (während 10–60 Min.) oder in Barytwasser (*B. Romeis*, §§ 1457 und 1464) erleichterte die Präparation der z. T. wirr durchflochtenen Faserbündel.

c) *Trockenpräparate*. Um Dauerpräparate des schon von Auge erkennbaren Verlaufes der Bindegewebszüge an der Kammerseite zu erhalten, trocknete ich 7 Klappensegel nach dem Verfahren von *Semper* (*B. Romeis*, § 867). Die Klappen wurden in natürlicher Stellung in ein Drahtgestell eingespannt und behielten so nach dem Trocknen ihre Form bei. Die Schrumpfung beträgt ca. 10–20% und erfolgt gleichmäßig; das Bauprinzip der Gewebe wird dabei nicht geändert. An abgezogenen Faserhäutchen kann man oft sehr schön die Durchflechtung der Kollagenfasern verfolgen.

B. Mikroskopische Untersuchungen.

a) *Gefärbte Schnittpräparate*. Zur Ergänzung der Befunde, die an Totalpräparaten erhoben wurden, stellte ich von verschiedenen Klappensegeln Gefrier- und Paraffinschnitte her. Mit der Färbung nach *Volkman* (*B. Romeis*, § 1565) werden gleichzeitig kollagene und elastische Fasern, Muskulatur, Cytoplasma und Zellkerne kontrastreich dargestellt. Besonders günstig fand ich in meinen Präparaten, daß die groben Kollagenfasern deutlich vor den feineren hervorgehoben werden.

Färbevorschrift (eigene Modifikation):

1. Resorcinfuchsin 15–30 Minuten.
2. Spülen in Alkohol 70% und in Wasser.
3. Azokarmin 15–30 Min. bei Zimmertemperatur. (Azokarmin 1⁰/₁₀₀ in Aqua dest., mit 1% Eisessig versetzt.)

4. Kurz differenzieren in Anilinalkohol 1:1000.
5. Phosphorwolframsäure (5%, wässrig) bis zur vollständigen Entfärbung der kollagenen Fasern (bis 24 Stunden).
6. Naphtholgrün B 15 Min. bis einige Stunden. (1%ige wässrige Lösung, mit 1% Eisessig versetzt.)
7. Spülen in Wasser, über die Alkoholreihe in Balsam einschließen.

Resultat: Zellkerne, Cytoplasma und Muskelfasern rot, Kollagenfasern grün, elastische Fasern dunkelblau-schwarz.

Auch die kombinierte Resorcin-van Giesonfärbung nach *Hornowsky* (*B. Romeis*, § 1563) liefert klar differenzierte Bilder von elastischen Fasern (blau-schwarz), Kollagenfasern (rot) und Muskulatur (gelb).

Bei Färbung mit *Held*'schem Molybdänhämatoxylin (*B. Romeis*, § 1875) fand ich nach Differenzierung in Phosphorwolframsäure 5% eine kräftige Blauschwarzfärbung der elastischen Fasern, ebenso der Zellkerne, während kollagene Fasern und Muskulatur blaß weinrot in verschiedenen Farbtönen erscheinen. Bei langem Aufenthalt in der Phosphorwolframsäure (1–3 Tage), hellen sich die elastischen Fasern und die Kerne nur sehr wenig auf, die kollagenen Fasern und die Muskulatur entfärben sich, sodaß ohne weiteres eine Pikrofuchsinfärbung angeschlossen werden kann:

1. Molybdänhämatoxylin: 1–6 Tropfen in 100 ccm Aqua dest., sodaß die Lösung durchsichtig violett ist. Hierin färbt man bei Zimmertemperatur oder bei 50° C, 12–24 Std.
Molybdänhämatoxylin: 1 gr Hämatoxylin (krist.) in 100 ccm Alkohol 70% lösen, dann reine Molybdänsäure im Überschuß zugeben (es löst sich nur wenig!). Die Lösung muß ca. 5 Wochen reifen und wird immer besser.
2. Auswaschen in Aqua dest.
3. Differenzieren in Phosphorwolframsäure (oder Phosphormolybdänsäure) 5% unter Kontrolle (bis 24 Std.).
4. Über die Alkoholreihe einschließen in Balsam.

Resultat: Bindegewebe weinrot, elastische Fasern blau, Muskulatur weinrot (die Querstreifung ist sehr deutlich zu sehen). Bei längerem Differenzieren bleiben nur die Kerne und die elastischen Fasern blau, das übrige Gewebe ist entfärbt. In diesem Falle anschließend an die Differenzierung in Phosphorwolframsäure (Punkt 3) färben in Pikrofuchsin 1 Minute.

b) *Untersuchungen im polarisierten Licht* bestätigten die mit anderen Methoden erhaltenen Resultate, ergaben jedoch keine weiteren Aufschlüsse über den Faser-verlauf.

IV. Morphologie der Atrioventrikularklappen.¹⁾

A. Makroskopischer Aufbau.

1. *Allgemeines.* Die Atrioventrikularklappen (A.-V.-Klappen) bilden, – wie auch aus den Schilderungen von *P. Poirier* (1912),

¹⁾ Der bekannte Bau der Klappen soll nur soweit rekapituliert werden, als es für das Verständnis des allgemeinen Bauplanes und für die folgenden Ausführungen notwendig ist.

J. Tandler (1913) u. a. hervorgeht – einen membranösen Trichter, dessen Basis als Anulus fibrosus an der Herzmuskulatur befestigt ist und dessen Spitze in die Kammerhöhle hineinragt. Die Vorhofseite dieses Trichters ist gleichmäßig und glatt, sie erscheint als direkte Fortsetzung der Vorhofwand. Die Kammerseite dagegen ist unregelmäßig gestaltet; hier setzen die Chordae tendineae an der Klappe an. Diese Sehnenfäden entspringen von Papillarmuskeln oder von Trabekeln der Kammerwand. Nach ihrer Ansatzweise an den Klappen lassen sie sich in verschiedene Gruppen einteilen:

Die *Chordae tendineae I. Ordnung* (Chordae I.) inserieren am freien Klappensaum. Sie entspringen meist zusammen mit Chordae II. Ordnung aus den Papillarmuskeln; seltener besitzen sie eigene kleine Papillarmuskeln. Sie verteilen sich ungefähr gleichmäßig auf die ganze Länge des freien Klappensaumes und breiten sich hier fächerförmig aus. Miteinander anastomosierend bilden sie eine Reihe von Arkaden, in deren Bereich die Klappenmembran dünn und geschmeidig ist. Die Spitze jedes Klappensegels wird durch eine größere Arkade gebildet, die zwischen zwei Chordae I. ausgespannt ist, welche von verschiedenen Papillarmuskeln ausgehen.

Die *Chordae tendineae II. Ordnung* (Chordae II.) ziehen an die Kammerflächen der Segelklappen. Sie entspringen aus Papillarmuskeln oder aus Trabekeln der Kammerwand und sind meistens kräftiger als die Chordae I. Vor dem Ansatz an der Klappenunterseite verbreitern sie sich, z. T. platten sie sich ab, so daß sie auf Höhe der Insertion oft bis 4 mm breit sind. Sie verbinden sich auch gegenseitig unter Bildung von schwimmhautähnlichen Membranen, noch bevor sie die Klappe erreicht haben. Diese Schwimmhäute stehen parallel zum Anheftungsrand und täuschen oft eine Verdoppelung der Klappen vor.

Die *Chordae tendineae III. Ordnung* (Chordae III.) überbrücken die Klappenfurche zwischen Klappenunterseite und Ventrikelwand. Meistens entspringen sie direkt aus der Kamtermuskulatur; oft sind sie kurz und breit, gelegentlich führen sie Bündel von Muskelfasern der Ventrikelwand, die dann bis auf die Klappen verfolgt werden können.

2. *Valvula tricuspidalis*. Der Klappenapparat des Ostium atrio-ventriculare dextrum ist durch $\pm$ tiefe Einbuchtungen in 3 Segel unterteilt: Cuspis septalis, Cuspis ventralis und Cuspis dorsalis. Das ventrale Segel ist meist am größten, es erhält seine Chordae vom vorderen Papillarmuskel. Die Sehnenfäden des dorsalen Segels

entspringen hauptsächlich vom großen dorsalen Papillarmuskel, daneben auch von kleineren Papillarmuskeln. Das septale Segel wird von mehreren dünnen Chordae gehalten, die direkt aus der glatten Kammerscheidewand oder von kleinen Papillarmuskeln entspringen. Die freie Klappenmembran ist bei diesem Segel im basalen Abschnitt mit der Scheidewand der Kammern meist etwas verwachsen, so daß es erst ca. 4–5 mm unterhalb des Anulus fibrosus entspringt (s. Abb. 1). Die Klappenfurche ist hier sehr schmal, die Kammermuskulatur reicht oft mit einzelnen Trabekeln auf die Unterseite der Klappe, wo sie dann in sehnige Platten ausläuft.



Abb. 1. Valvula tricuspidalis, Cuspis septalis. Mensch, Färbung nach Volkmann. Vergr. 8×. Auf der Strecke zwischen den beiden Pfeilen ist die Klappe mit der Kammerscheidewand verwachsen. Die Klappenmembran entspringt erst soweit unterhalb des Anulus fibrosus (A).

3. *Valvula bicuspidalis (Mitralis)*. Wir unterscheiden ein dorsales und ein ventrales Segel, die durch tiefe Incisuren voneinander getrennt werden. Unter diesen Einbuchtungen stehen die beiden Papillarmuskeln, aus denen büschelförmig die Chordae entspringen. Das ventrale (Aorten-) Segel bildet eine viereckige Platte, deren Seitenränder die Chordae aufnehmen und deren freier Rand als ziemlich weit gespannte Arkade ausgebildet ist. Die glatte Vorhofseite geht ohne deutlich sichtbare Grenze in die Wand des Vorhofs über. Auf der Kammerseite lassen die von vorn und hinten einstrahlenden starken Chordae II. eine glatte Fläche von ca. 15:18 mm frei, die oben durch die Ansatzlinie der Semilunarklappen begrenzt wird. Der Anheftungsrand des dorsalen Segels ist dagegen sehr gut ausgeprägt. Seine Ventrikelseite wird von vielen dünnen Chordae erreicht.

B. Mikroskopischer Aufbau.

Das Klappenskelett wird durch eine Faserplatte aus derben Kollagenfasern gebildet. Diese Lamina fibrosa wird auf beiden Seiten von Endocard überzogen, das ähnlich wie Vorhofs-, resp. Kammerendocard aufgebaut ist (s. Abb. 2.) Unter dem flachen Endothel

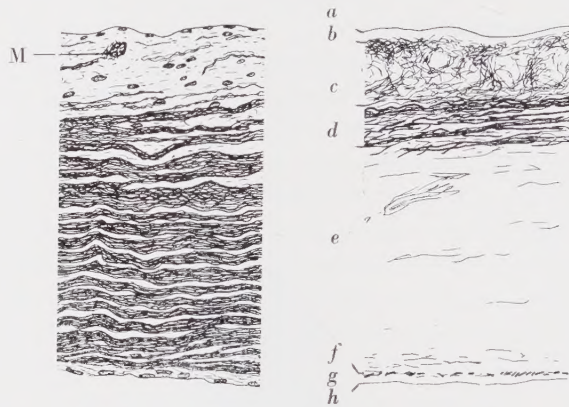


Abb. 2 a.

Abb. 2 b.

Abb. 2. Valvula bicuspidalis, Cuspis dorsalis. Mensch. Vergr. 40 $\times$. Schnitt durch die Klappenmembran nahe dem Ansatzrand. 2 a. Azanfärbung; Darstellung der kollagenen Fasern, der Zellkerne und der Muskelfasern. 2 b. Resorcin-fuchsin-färbung; Darstellung der elastischen Fasern. (Gleiche Stelle wie 2 a). Der Schichtenbau der Klappe ist deutlich erkennbar: a. Endothel der Vorhofseite. b. subendotheliale Schicht. c. elastisch-muskulöse Schicht, bei M ist ein Bündel glatter Muskelfasern quer getroffen. d. subendocardiale Schicht. e. Lamina fibrosa, Klappenskelett. f. elastische Netze des kammerseitigen Endocards. g. subendotheliale Schicht. h. Endothel der Kammerseite.

der Vorhofseite liegt eine schmale subendotheliale Schicht, die fast homogen erscheint. Darunter folgt eine elastisch-muskulöse Schicht mit wenig Kollagenfasern und dichten elastischen Netzen. Eine subendocardiale Lage führt über zur Faserplatte. Das ventrikelseitige Endocard ist schwächer ausgebildet. Unter dem Endothel finden wir wenig lockeres Bindegewebe mit ziemlich kräftigen elastischen Fasern. Die Herzmuskulatur ist am Aufbau der Klappen wenig beteiligt. Vorhofmuskulatur reicht an fast allen Segeln über den Ansatzrand hinaus und schiebt sich unter dem Endocard auf die Klappenmembran vor, ohne das basale Drittel zu überschreiten. Aus den Trabekeln der Ventrikelwand zweigen Muskelbündel ab,

die an die Unterseite der Klappen gelangen. Dort, wo Muskulatur auf die Klappen vorwächst, wird sie von feinen Kapillaren begleitet.

V. Eigene Untersuchungen.

A. Makroskopische Untersuchungen.

1. *Valvula tricuspidalis*. Die Spaltlinien des klappennahen Vorhofendocards verlaufen in rechtsdrehenden Schraubenlinien auf das Ostium zu und treten unter einem Winkel von durchschnittlich 50 Grad auf die Klappenmembran über (s. Abb. 3). An einigen Stellen

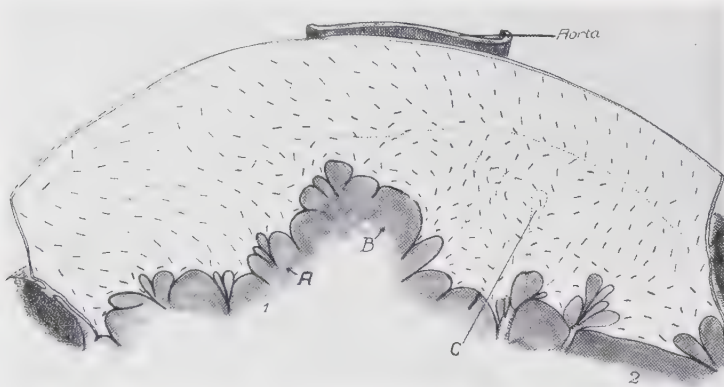


Abb. 3. Valvula tricuspidalis. Spaltlinien der Vorhofseite. Die Klappe ist zwischen septalem (1) und dorsalem (2) Segel aufgeschnitten und ausgebreitet. Vorhof und Papillarmuskeln sind abgetrennt. Die punktierte Linie gibt den Anheftungsrand (Anulus fibrosus) an. Die Spaltlinien verlaufen direkt zum freien Klappenrand (A), bogenförmig von Chorda zu Chorda (B) oder auf einstrahlende Chordae zu (C).

verlaufen sie fast parallel zum Anheftungsrand, an anderen ungefähr senkrecht dazu. Sie streben z. T. direkt zum freien Klappensaum und setzen sich dort auf die Chordae I. fort. Wo aber größere Chordae II. an der Unterfläche der Klappen ansetzen, wird dieser einfache Spaltlinienverlauf gestört; an geeigneten Stellen kann man einen wirbelartig radiären Verlauf auf die Insertionsstelle der Chorda zu feststellen. Durch Überschneidung mehrerer solcher Wirbelsysteme wird das Spaltlinienbild ganz unübersichtlich. Auf den größeren Arkaden am freien Klappenrand laufen die Spaltlinien eine Strecke weit parallel zu diesem; von jeder Chorda breiten sie sich fächerförmig auf die Klappe aus und gehen bogenförmig ineinander über.

Auf der Kammerseite verlaufen die Spaltlinien parallel zu den schon mit bloßem Auge sichtbaren Bindegewebsbündeln.

Bei der Lupenpräparation fand ich an allen Klappensegeln dasselbe Bauprinzip verwirklicht; ich will es deshalb hier ausführlich beschreiben.

Wird bei der Präparation das Endocard der Ventrikelseite abgezogen, treten darunter deutlich Faserzüge hervor, die, von den Chordae I. herkommend, sich fächerförmig ausbreiten. Ein ziemlich schwacher Zug verbindet sich mit der nächsten Chorda I. und bildet so als Randfaser eine Verstärkung des freien Klappensaumes. Etwas stärkere Fasern ziehen zu den Chordae II. und an deren Oberfläche zum entsprechenden Papillarmuskel. Der Rest der Bindegewebszüge breitet sich in der Faserplatte aus; er bildet deren oberflächlichste, dicht unter dem vorhofseitigen Endocard gelegene Schicht. Von den Chordae II. aus ziehen deutlich erkennbare kollagene Bündel zu den benachbarten Sehnenfäden und biegen in sie ein. Andere breiten sich in der Lamina fibrosa aus. Die Einstrahlungen der Chordae III. verhalten sich gleich wie diejenigen der Chordae II.

Bei der Präparation der Klappen von der Vorhofseite aus läßt sich das Endocard nicht so leicht abheben wie auf der Unterseite. Es müssen überall wieder feine Fasern durchtrennt werden, die von den inserierenden Chordae direkt ins Endocard der Vorhofseite einstrahlen (s. Abb. 4). Besonders aufschlußreich ist die Präparation

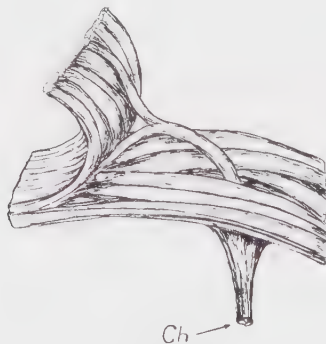


Abb. 4. Faser einer Chorda II. Ordnung, die ins vorhofseitige Endocard einstrahlt. Lupenpräparation. Das Endocard ist nach oben geschlagen, nachdem es vom freien Klappenrand her (von rechts) abgehoben wurde. Nach links gehen die Fasern zum Anulus fibrosus. Ch — einstrahlende Chorda. Die Aufteilung der einstrahlenden Faser in 2 Schenkel ist deutlich erkennbar.

der Chordainsertionen auf dieser Seite. Über die Einstrahlungsstelle ziehen meist einige kräftige Fasern der Lamina fibrosa. Wenn wir sie auf die Seite schieben, blicken wir von oben in einen Trichter hinein (s. Abb. 5); dessen Spitze wird durch die einstrahlende Chorda



Abb. 5. Blick von der Vorhofseite aus in einen Trichter, der von einer einstrahlenden Chorda II. Ordnung gebildet wird; vorne der freie Rand mit Chordae I. Ordnung, von denen Bindegewebsbündel ausgehen. Dahinter strahlt eine kräftige Chorda II. Ordnung ein, deren stärkste Fasern, welche zum Anheftungsrand (oben) ziehen, abgeschnitten sind. Typisch ist die Ausbreitung der Fasern nach allen Seiten.

gebildet, die Wandung von den Bindegewebsbündeln des Sehnenfadens, welche auseinanderstreben und in die Faserplatte einbiegen. Der Trichter ist aufgefüllt von wenig lockerem, feinfaserigem Bindegewebe (Füllgewebe). Die stärksten Faserzüge streben gegen den Anheftungsrand der Klappe; schwächere lassen sich bis zur Einmündung in benachbarte Chordae verfolgen oder breiten sich fächerförmig in der Faserplatte aus, um hier mit andern, ähnlich verlaufenden Bindegewebsbündeln in Verbindung zu treten. Dadurch werden Faserzüge gebildet, welche zwischen weiter entfernten Chordae ausgespannt sind.

Gelegentlich fand ich von den nahe am Anheftungsrand einmündenden Chordae ausgehende Faserzüge, die eine Strecke weit parallel dem Anulus fibrosus verlaufen als deutliche Kreiszüge. Bei Klappen von Kaninchenherzen kommen solche Züge regelmäßig vor, beim Menschen nur vereinzelt, außer beim Aortensegel, wo sie ein wichtiges Bauelement darstellen (s. u.).

Besonderes Interesse findet die Verbindung der Herzklappen mit dem Anulus fibrosus und damit mit der Herzmuskulatur. Wir haben schon gefunden, daß von jeder Chorda aus ein kräftiger Bindegewebszug gegen den Anheftungsrand zieht. Hier treten sie in einem Winkel zwischen 30 und 90 Grad in den derben Sehnenring des Herzskelettes und bilden ein sehr dichtes Geflecht. Es gelang mir, sie weiter zu verfolgen, wobei ich feststellen konnte, daß sie regelmäßig den Fasern der Kammermuskulatur als Sehnenansatz dienen. Damit läßt sich der starke Zusammenhang zwischen Kammerwand und Klappen erklären, der beim Präparieren auffällt. Der Anulus fibrosus ist also nichts anderes als eine besonders dichte Verflechtung von Faserzügen, die von den Chordae zur Ventrikelmuskulatur ziehen, und daher zu den Klappen zu rechnen. Von der Vorhofmuskulatur ziehen nur sehr vereinzelte und relativ schwache Fasern direkt zu ihm hin. Die Vorhofmuskelfasern gehen in breite, flache und ziemlich schwache Bindegewebszüge über, die sich unter dem Endocard bis auf die freie Klappenmembran verfolgen lassen; hier senken sie sich z. T. in die beschriebenen Trichter bei Chordaeinstrahlungen, z. T. verlieren sie sich, immer dünner werdend, in der Faserplatte.

Nach dem Verfahren von *Semper* getrocknete Klappen zeigen sehr schön die Anordnung der Bindegewebsfasern auf der Ventrikel-seite. Von jeder Chorda aus gehen die oberflächlichen Faserzüge zur Klappenmembran und biegen in benachbarte Sehnenfäden um (s. Abb. 6).



Abb. 6. Kammerseite eines nach *Semper* getrockneten Tricuspidalsegels (cuspid dorsalis). Die Faserbügel, die von Chorda zu Chorda ziehen, sind gut erkennbar. Die Verbindung der Chordae mit der Kammerwand (welche oben abgeschnitten ist) erfolgt hier durch besonders kräftige Fasern. Die Chordae sind kurz abgeschnitten.

2. *Valvula bicuspidalis*. Die Spaltlinien des klappennahen Vorhofendocards verlaufen in schräger Richtung auf das Ostium zu und treten unter einem Winkel zwischen 40 und 80 Grad über den Ansatzrand auf die freie Klappe über. Das dorsale Segel zeigt ein ähnliches Bild, wie es bei der Tricuspidalis beschrieben wurde. Das Aortensegel weist etwas abweichende Verhältnisse auf (s. Abb. 7).

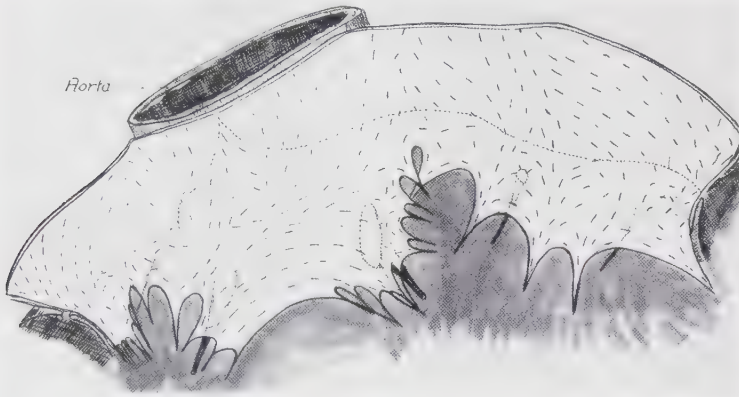


Abb. 7. *Valvula bicuspidalis*: Spaltlinien der Vorhofseite. Die Klappe ist wieder aufgeschnitten und ausgebreitet (s. Abb. 3). Der Anheftungsrand ist durch die punktierte Linie markiert. Über den Verlauf der Spaltlinien s. Text.

Seine Vorhofseite wird von vorwiegend quer verlaufenden Spaltlinien überzogen. Gegen die Vorhofgrenze biegen sie nach oben um. Auch die Ventrikelseite zeigt quer verlaufende Spaltlinien. An der Basis des Segels laufen sie bogenförmig von einer der großen Chordae zur andern; von diesen aus streben auch Spaltlinien gegen den Aortenursprung hinauf und treffen sich hier im *Spatium intervalvulare* zwischen den Klappenhörnern der linken und rechten Taschenklappe (s. Abb. 8).

Die Fasern des Aortensegels sind sehr kräftig und können daher sehr gut präpariert werden. Vorherrschend fand ich in der *Lamina fibrosa* quer über die Klappe hinziehende Faserzüge, die zwischen den vom vordern und den vom hintern Papillarmuskel herkommenden Chordae II. ausgespannt sind. In der Nähe des *Anulus fibrosus* biegen dann die Fasern nach oben um und stellen so die Verbindung mit dem Aortenursprung her. Von den Chordae I. aus gehen Faserbündel,

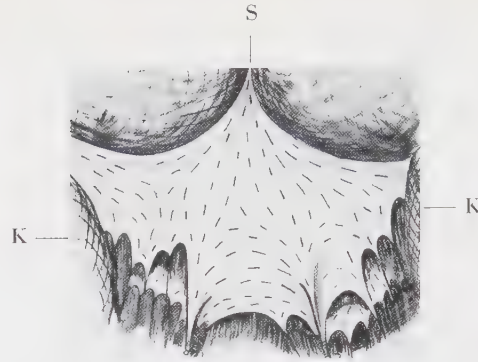


Abb. 8. Gleiche Klappe wie Abb. 7. Kammerseite des Aortensegels. Dieses wird oben durch die Anheftungslinie der beiden Semilunarklappen der Aorta begrenzt. Auf beiden Seiten ist die Kamtermuskulatur angedeutet (K). Die Spaltlinien streben zum Spatium intervalvulare (S) zwischen den beiden Taschenklappen.

Über dem freien Rand inserieren die kräftigen Chordae II. Ordnung.

die sich flach ausbreiten und in der vorhofseitigen Schicht der Lamina fibrosa radial gegen den Ansatzrand hinstreben. Neben den beschriebenen starken Querfasern der Chordae II verbinden sich diese untereinander durch schwächere Bindegewebsbündel, womit sie also auch den allgemeinen Bauplan innehalten.

Die Präparation des dorsalen Segels bringt nichts Neues: Es ist ähnlich gebaut wie die Segel der Tricuspidalis.

Um sich ein genaueres Bild über die Größenverhältnisse zu machen, folgen einige Zahlenangaben. Der Abstand der einzelnen Chordae wurde an den wenigen Herzen von Erwachsenen gemessen, die zur Verfügung standen, ebenso wurde die Dicke daran bestimmt. Die durchschnittlichen Werte sind in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Tab. 2. Abstand und Dicke der Chordae tendineae an den einzelnen Klappensegeln.

		Tricuspidalis ¹⁾	Bicuspidalis	
			cuspidis dorsalis	ventralis
Abstand der einzelnen Chordae	Durchschnitt	5,5 mm	4,5 mm	5,0 mm
	Schwankungsbreite	3–7 mm (–12 mm ²)	3–6 mm	3–15 mm
Dicke der Chordae	Durchschnitt	0,35 mm	0,4 mm	0,7 mm
	Schwankungsbreite	0,1–0,6 mm	0,15–0,6 mm	0,2–1,4 mm

¹⁾ Alle drei Segel weisen gleiche Masse auf.

²⁾ Nur einmal gemessener Extremwert.

B. Histologische Untersuchungen.

Die Lamina fibrosa ist auf Schnitten ganz verschieden gestaltet. An der Basis weist sie eine Mächtigkeit von 350–600 μ auf, gegen den freien Rand zu lockert sie sich immer mehr auf, so daß dort nur noch vereinzelte Kollagenfaserbündel getroffen sind. Dazwischen breitet sich lockeres Füllgewebe mit feinen elastischen und kollagenen Fasern aus, dessen spindelige Zellen in gallertige Grundsubstanz eingebettet sind. (Das gleiche Gewebe kommt auch in der subendocardialen Schicht vor (s. u.).) Die Kollagenfasern der Lamina fibrosa sind leicht gewellt und werden überall von feinen elastischen Fasern umspinnen. Die Fibrozyten liegen meist in längsgestreckten Gruppen zu 2–4 Zellen beieinander.

Das ventrikelseitige Endocard weist einen nicht immer erkennbaren Schichtenbau auf. Das Endothel hat eine Höhe von 3–12 μ , je nachdem es gespannt oder gestaucht ist. Die schmale subendotheliale Schicht führt feinste kollagene Fäserchen. Sie fehlt gegen den freien Klappensaum; in der Klappenfurche wird sie bis zu 20 μ stark und läßt sich auch auf die Chordae sowie ins Kammerendocard hinein verfolgen. Gegen die Lamina fibrosa folgt eine einfache Schicht mit kräftigen elastischen Fasernetzen, die überall gut ausgebildet ist. Ihre Fasern verlaufen meist in der gleichen Richtung wie die anliegenden Fasern der Lamina fibrosa.

Das vorhofseitige Klappenendocard hat beim Übergang ins Vorhofendocard eine Stärke von 100–200 μ , gegen den Klappenrand verringert sie sich bis auf 30–50 μ . Das Endothel ist flach und liegt auf der nur 8–12 μ starken subendothelialen Schicht, die gleich gebaut ist wie auf der Ventrikelseite. Sie enthält neben Fibrozyten gelegentlich auch Histiozyten. Die folgende elastisch-muskulöse Schicht bildet die stärkste Schicht des Endocards. Neben kollagenen Fasern sind hier ausgedehnte kräftige Netze aus elastischen Fasern angeordnet, die oft von Bündeln glatter Muskulatur begleitet sind. An den basalen Klappenteilen sind diese elastischen Netze in mehreren Schichten angeordnet. Gegen die Lamina fibrosa bildet die subendocardiale Lage den Übergang. In den basalen Teilen der Segel führt diese Schicht reichliche kollagen-elastische Faserzüge, die einerseits mit den zentralen Anteilen der einstrahlenden Chordae in Verbindung treten, andererseits zwischen die Fasern der auf die Klappen vordringenden Vorhofmuskulatur hineinragen. Gegen den freien Klappensaum hin besteht diese subendocardiale Schicht aus

einem feinfaserigen lockeren Bindegewebe, das zu äußerst am Klappensaum die ganze Dicke der Klappe ausfüllt; hier sitzt das Endothel auf beiden Seiten diesem Füllgewebe direkt auf.

Auch der Anulus fibrosus zeigt auf Schnitten ganz verschiedenartige Bilder. An einigen Stellen fand ich im Schnitt kollagene Faserbündel der Lamina fibrosa, die von einer Chorda aufsteigend durch den Anulus hindurch direkt zu Fasern der Kammermuskulatur verlaufen. Je nach der getroffenen Stelle gehen diese Sehnenbündel zur innern oder zur äußern Wandpartie (s. Abb. 9). An andern Stellen sind die Fasern quer getroffen, und deshalb ist ihre Verbindung mit der Muskulatur nicht erkennbar.

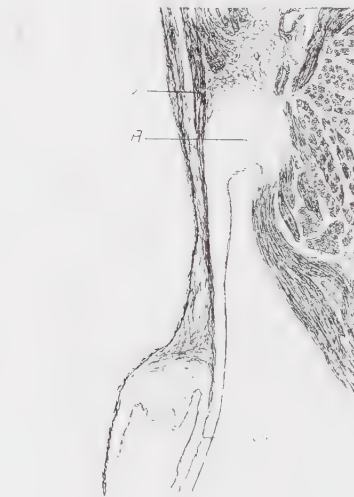


Abb. 9. Schnitt durch den Ansatzrand der Valvula tricuspidalis, Cuspis ventralis. Mensch. Färbung nach Volkmann. Vergr. 10 $\times$. Muskulatur und elastische Fasern schwarz. Die Fasern der Lamina fibrosa gehen durch den Anulus fibrosus (A) hindurch und dienen der Kammermuskulatur als Ansatz. Die Vorhofmuskulatur (V) läuft in Sehnen aus mit vielen elastischen Fasern, die hier bis in die zentralen Anteile der Chorda (Ch) verfolgt werden können.

Die Chordae tendineae bestehen aus einem zentralen sehnigen Gewebe, dessen Zellen sich kaum von Sehnenzellen unterscheiden. Der Endocardüberzug ist an den meisten Stellen sehr dünn; das Endothel hat hier eine Dicke von maximal 5 μ . Direkt darunter liegt

eine Schicht von elastischen Netzen, deren Fasern in der Hauptsache längs zur Chorda verlaufen; in wechselnder Ausbildung kommen quer dazu verlaufende elastische Fasern vor. Im Innern der Sehnenfäden fand ich spärliche feine elastische Fasern auf Schnitten, die mit Resorcin gefärbt waren. Schnitte durch die Einstrahlungen der Chordae zeigen, daß sich die Chordafasern in 2 Schenkel aufteilen (s. Abb. 10): Der eine biegt gegen die Basis der Klappe um

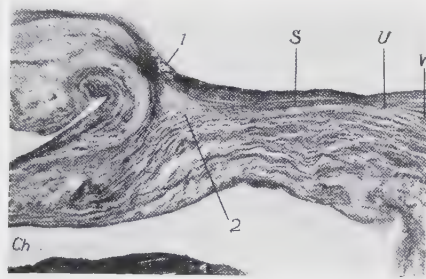


Abb. 10. Valvula bicuspidalis, Cuspis dorsalis. Einstrahlung einer Chorda II. Ordnung in die Klappe. Die Chorda (Ch) teilt sich in 2 Schenkel: Der eine (1) biegt gegen den freien Klappensaum (nach links) um, der andere (2) läßt sich gegen den Ansatzrand hin verfolgen (rechts). Bei U erkennt man den Übergang der Vorhofmuskulatur (V) in ihre elastisch-kollagene Sehne (S).

und kann bis zur Verbindung mit der Kamtermuskulatur verfolgt werden; der andere biegt gegen den freien Klappensaum und verläuft in einer andern Chorda I. oder II. bis zu deren Papillarmuskel. Wo die Chorda sich gegen die Klappe verbreitert, begleiten immer mehr elastische Fasern die zentralen Chordafasern. So bilden sich elastisch-kollagene Bündel, die entweder in der subendocardialen Schicht mit der Vorhofmuskulatur in Verbindung treten oder in die elastisch-muskulöse Schicht des Endocards einbiegen (s. Abb. 9). Diese Faserzüge führen auch etwa Bündel von glatten Muskelfasern mit sich.

Die auf die Klappe reichende Vorhofmuskulatur läuft in die schon beschriebenen elastisch-kollagenen Sehnen aus. Dazu biegen einige schwache Faserzüge direkt in den Anulus fibrosus ein. Verbindungen zwischen Vorhofmuskulatur und Faserplatte kommen in meinen Präparaten nie vor.

VI. Besprechung der Ergebnisse unter Berücksichtigung der funktionellen Beanspruchung.

Aus den besprochenen Befunden können wir uns ein gutes Bild vom Aufbauprinzip der Atrioventrikularklappen machen. Als wesentlichstes Konstruktionselement finden wir die Faserbügel, die das eigentliche Klappengerüst ausmachen. Schon *A. Aschoff* (zit. nach *R. Hamperl*, 1926) beschrieb sie: „Fast alle größeren Sehnenfäden, besonders die II. und III. Ordnung, lassen sich mit einer deutlich sichtbaren Portion an der Unterfläche der Segel bis zu deren Basis verfolgen, um von dort vielfach in leicht gebogenem Verlauf an die Ventrikelmuskulatur heranzutreten, sodaß sie die untere Fläche der Klappe wie Gewölbebogen begrenzen, deren einer Fußpunkt in der Spitze der Papillarmuskeln, deren anderer Fußpunkt in der Ventrikelwand zu suchen ist.“ Die vorliegenden Untersuchungen zeigen nun, daß nicht nur die an der Unterseite der Klappen sichtbaren, sondern alle aus den Chordae stammenden Bindegewebszüge sich entweder mit andern Chordae verbinden, wo sie wieder zu Papillarmuskeln gelangen, oder dann gegen die Ventrikelwand streben, um hier deren Muskulatur als Ansatz zu dienen. Auf ihrem Verlauf in der Klappenmembran bilden sie die dicht geflochtene *Lamina fibrosa*.

Im embryonalen Herzen werden Atrium und Kammer durch eine muskulöse Umschlagsfalte getrennt, auf der die Endocardkissen sitzen. Die Muskelbalken der Kammerwand, die mit diesen verbunden sind wandeln sich bindegewebig um und bilden dann Klappenmembran und Chordafäden. Beim erwachsenen Herzen finden wir die bindegewebigen Faserzüge in der gleichen Anordnung, welche die Muskelfasern im embryonalen Herzen hatten.

Der *Anulus fibrosus* wird heute noch oft als isoliertes sehniges Skelett des Herzens dargestellt. (Ich erwähne nur die Abbildung des Herzskelettes im Lehrbuch von *A. Benninghoff*). Diese Darstellungsweise entspricht der funktionell orientierten Anatomie wenig. *H. Petersen* schreibt: „Die die Vorhöfe und Kammern trennenden Zipfelklappen beginnen in der Herzwand mit Bildungen, die als Faserringe bezeichnet werden (*Anuli fibrosi*). Schnitte durch die Klappenansätze lassen von einem von diesen verschiedenen faserigen Skelettgebilde nichts erkennen. Es handelt sich vielmehr um einen Teil der Klappen selbst, um ihr Wurzelstück in der Herzwand.“ Zum gleichen Schluß führt die genaue Untersuchung des Faserverlaufes: Die Fasern gehen durch den Faserring hindurch und gelangen zur Herzmuskulatur. Es gibt allerdings solche, die eine Strecke weit zirkulär verlaufen, aber auch sie gehen über in Muskelfasern, die

ebenfalls fast ringförmig in der Kammerwand verlaufen. Bei jeder Darstellung der Herzmuskulatur sind solche Muskelfasern abgebildet. Der Begriff „Anulus fibrosus“ hat nur eine topographische Bedeutung; histologisch und nach seinen Faserverbindungen ist er ein Bestandteil der Klappen, welcher sie in der Kamtermuskulatur verankert.

Beim Vergleich der Beschreibungen und Abbildungen von Atrioventrikularklappen bei verschiedenen Autoren fällt auf, daß über den Verlauf der Fasern in der Lamina fibrosa große Uneinigkeit herrscht. Während die einen angeben, daß die Fasern radiär auf den Ansatzring zu verlaufen (*J. Tandler* u. a.), finden andere zirkuläre Bindegewebszüge vorherrschend (*H. Petersen* u. a.). Da die Chordae ihre Fasern nach allen Richtungen aussenden, zeigen die Schnittbilder je nach der Schnittstelle verschiedene Faserrichtungen. Die Präparation unter der Lupe konnte hier die mikroskopische Betrachtung von Schnitten sinnvoll ergänzen.

Für die Betrachtung des funktionellen Baues ist die Kenntnis der normalen Beanspruchung der Klappen notwendig. Die Anforderungen, die an den atrioventrikulären Klappenapparat gestellt werden, sind hoch: In der Systole sollen die Klappen Segel die sehr große Öffnung zwischen Vorhof und Kammer dicht verschließen; dabei haben sie den recht beträchtlichen Binnendruck im Ventrikel aufzufangen. Während der Diastole sollen sie sich dagegen rasch und geschmeidig an die Kammerwand anlegen, um dem einströmenden Blut möglichst wenig Widerstand entgegenzustellen. Die wesentlichste Beanspruchung ist wohl die Spannung durch den intraventrikulären Druck während der Systole.

Dieser beträgt in der linken Kammer 150 mm Hg, entsprechend ca. 200 g/cm² (nach *H. Rein*, 1938). Da die Öffnung des linken Ostiums rund 10 cm² beträgt (s. Tab. 3), lastet auf der ganzen Klappe während jeder Systole ein Gewicht von rund 2000 g. Im rechten Herzen ist der Druck (und damit auch die Belastung der ganzen Klappe) mit ca. einem Fünftel der Werte im linken Ventrikel anzunehmen.

Wie entspricht die Konstruktion der Klappen der wechselnden Beanspruchung? Die Unterfläche der Klappen sieht aus, wie wenn sie aus kleinen Gewölben zusammengesetzt wäre, deren Stützpfiler die in den Papillarmuskeln verankerten Sehnenfäden und die Kamtermuskulatur sind. Die Fasern dieser kleinen Gewölbe sind so angeordnet, daß sie in der Richtung der größten auftretenden Wandspannung verlaufen. Infolge der Verflechtung der Faserbogen unter

Bildung der Lamina fibrosa und auch dadurch, daß Faserverbindungen zwischen weiter auseinanderstehenden Chordae vorkommen, werden die Lücken im Gewölbedach geschlossen und die Klappe funktionstüchtig. Die in den Papillarmuskeln verankerten Chordae inserieren an der ganzen Klappenunterfläche in ziemlich regelmäßiger Verteilung. So kann die Ventilebene bei der Kontraktion des Ventrikels im Gesamten gleichmäßig herzsipitzenwärts gezogen werden, und ein Umstülpen der Segel in den Vorhof wird verhindert.

Die Tabelle 2 (s. S. 144) zeigt, daß die Chordae an der Tricuspidalklappe weniger dicht stehen und dünner sind als am dorsalen Bicuspidalsegel. Das dürfen wir sicher mit dem höheren Druck im linken Ventrikel in Zusammenhang bringen. Die besondere Dicke der Sehnenfäden des Aortensegels dürfte mit der größeren Spannweite der Faserbogen zusammenhängen. Auch diese Überlegungen weisen darauf hin, daß die Klappen vor allem in Hinsicht auf die systolische Druckbelastung gebaut sind. Ob die Papillarmuskeln durch aktive Verkürzung bei der Diastole mithelfen, die Segel an die Wand zu legen, ist nicht entschieden; wahrscheinlich werden sie nur durch das vorbeiströmende Blut zur Seite gedrängt.

Der dichte Schluß der Klappen wird gewährleistet durch einen großen Materialüberschuß der Segel (s. Tab. 3). Die Fläche der Klappen ist um rund 80% größer als die Weite des entsprechenden Ostiums. Dadurch können sich die weichen Randpartien der Klappen in genügender Ausdehnung aneinanderlegen; durch den systolischen Druck werden sie zusammengepreßt und verschließen so die Öffnung vollständig. Bei einer geringen Herzdilatation ermöglicht der Materialüberschuß trotz Erweiterung der Ostien einen vollständigen Klappenschluß.

Tabelle 3.

Ostienweite und Flächeninhalt (in cm²) der Klappensegel bei 20–60 jährigen. Zusammengestellt nach Tabellen von *Creutzfeld* in *J. Tandler* (1913).

	Tricuspidalis		Mitralis	
Ostienweite	♂: 12,8	♀: 10,5	♂: 10,1	♀: 8,2
Flächeninhalt der Klappe	♂: 23,0	♀: 19,1	♂: 18,4	♀: 11,5

Die Kollagenfasern der Chordae und der Faserplatte werden von feinen elastischen Fasern begleitet. *L. Seipp* (1896) hat mit der Orceinfärbung viel weniger elastisches Gewebe gefunden als ich. Die von mir verwendete Resorcinfuchsinfärbung ist zur Darstellung elastischer Elemente der Orceinmethode anscheinend überlegen.

Die Kamtermuskulatur hat einen wesentlich stärkeren Zusammenhang mit dem Klappenskelett als die Vorhofmuskulatur. Diese

sendet ihre an elastischen Fasern reichen Sehnen in die subendocardiale Schicht der Klappenmembran. Nur wenige kollagene Fasern ziehen direkt zur lamina fibrosa der Klappenbasis.

Die Spaltlinien des Klappenendocards wurden von *H. Ziegenmeyer* wie folgt beschrieben: „Der größere Teil strebt auf den Anheftungsrand der Tricuspidalis zu, tritt über den Ostienring und läßt sich auf den einzelnen Tricuspidalklappen bis zu den Stellen verfolgen, an denen die Chordae tendineae am freien Klappenrande angreifen“. Schon früher fand *E. Renke* (zit. nach *H. Ziegenmeyer*), daß auf den Klappen der Tricuspidalis eine konzentrische Anordnung (der Spaltlinien) sich vorfinde. Meine Ergebnisse stimmen mit den Untersuchungen von *Ziegenmeyer* überein, und diese werden dahin präzisiert, daß dieser einfache Verlauf der Spaltlinien auf den Klappensegeln oft gestört wird, wie das aus den geschilderten Befunden hervorgeht. Ob dieses unterschiedliche Verhalten nur darauf zurückzuführen ist, daß ich die Spalten dichter setzte und unter der Lupe untersuchte, kann ich nicht entscheiden.

VII. Zusammenfassung.

1. Die Atrioventrikularklappen des Menschen sind aus Faserbogen aufgebaut, die von Chordae tendineae ausgehen und zu andern Sehnenfäden oder zur Ventrikelwand hinziehen. Alle Fasern des Klappenskelettes gehören zu solchen Faserbügeln.

2. Der Anulus fibrosus des Herzens gehört zu den Klappen und bildet ihren basalen Teil, der mit der Ventrikelmuskulatur in Verbindung tritt. In ihm verflechten sich die Bindegewebsfasern, welche die Kamtermuskulatur mit den Chordae tendineae verbinden, besonders dicht.

3. Die Vorhofmuskulatur verankert sich mittels Sehnen, die neben kollagenen sehr viele elastische Fasern führen, in der subendocardialen Schicht der Klappen und treten damit mit den Chordae tendineae in Verbindung.

4. Die funktionelle Bedeutung des Klappenbaues wird besprochen.

Summary.

1. The atrio-ventricular valves of the human heart consist of fibrous arches which originate in the chordae tendineae, and blend with other tendinous fibres or attach themselves to the ventricular wall. All the fibres of the valvular skeleton belong to such fibrous arches.

2. The annulus fibrosus of the heart, which is connected with the muscles of the ventricle, is a component part of the valves, and forms their basal part. In it the connective tissue fibres, which connect the muscles of the chamber tho the cordae tendineae, are most closely interwoven.

3. The tendons of the atrial muscles, consisting of collagenous as well as elastic fibres, are inserted in the subendocardial layer of the valves and are thus connected to the chordae tendineae.

4. The functional significance of the structure of the valves is discussed.

Résumé.

1. Les valvules atrio-ventriculaires se composent de fibres en arc qui prennent leurs origines de cordages tendineux et s'implantent dans d'autres cordages tendineux ou dans la paroi ventriculaire. Toutes les fibres du squelette valvulaire font partie de tels arcs.

2. L'annulus fibrosus du coeur appartient aux valvules en formant leurs base. Il se rattache à la musculature ventriculaire. C'est ici que s'entrelacent le plus de fibres, qui relie la musculature ventriculaire aux cordages tendineux.

3. La musculature auriculaire s'implante à l'aide de nombreuses fibres élastiques et collagènes dans le tissu subendocardiaque des valvules. Ainsi ils se rattachent aux cordages tendineux.

4. L'importance fonctionnelle de l'anatomie valvulaire est discuté.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS.

Albrecht: Der Herzmuskel und seine Bedeutung für Physiologie, Pathologie und Klinik des Herzens. Berlin, 1903. — Benninghoff, A.: Morph. Jahrb. 63, 208, 1929. — Benninghoff, A.: Blutgefäße und Herz. Handb. d. mikr. Anat. d. Menschen 6, 1. Teil, 161, Berlin, 1930. — Benninghoff, A.: Verh. anat. Ges. 1931, Erg. H. Anat. Anz. 72, 95, 1931. — Benninghoff, A.: Morph. Jahrb. 65, 1, 1931. — Benninghoff, A.: Lehrbuch der Anatomie des Menschen. 2, 1. Teil. München, 1942. — Benninghoff, A. und B. Nitzsche: Verh. Anat. Ges. 1936, Erg.-H. Anat. Anz. 83, 155, 1937. — Bucher, O.: Histologie und mikr. Anat. d. Menschen. Bern 1948. — Cordier, G. et P. Roux: Bull. Acad. Med. 130, 420, 1946. — Faller, A.: Morph. Jahrb. 89, 280, 1945. — Faller, A.: Cardiologia 9, 337, 1945. — Gross, L.: Amer. J. Path. 7, 1931. — Gussenbauer, C.: Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien, 57, 1103, 1868. — Harper, W. F.: J. Anat. 73, 94, 1938. — Harper, W. F.: J. Anat. 75, 88, 1940. — Harper, W. F.: J. Anat. 77, 140, 1943. — Harper, W. F.: J. Path. a. Bact. 57, 229, 1945. — Hjelman und Mitarb.: Acta soc. Medic. finn. Duodecim A. 22, 134, 1941. — Maier: Elastische Fasern im Herzen von Pferd und Hund. — Diss., Bern, 1904. — Möllendorff, W. v.: J.-kurse f. ärztl. Fortbildg. 1936 I. — Möllendorff, W. v.: Lehrbuch der Histologie, Jena, 1940. — Nauck, E. Th.:

Morph. Jahrb. 70, 421, 1932. — *Odgers, P. N. B.*: J. Anat. 73, 643, 1938. — *Petersen, H.*: Histologie und mikroskopische Anatomie. München, 1935. — *Pfuhl, W.*: Zeitschr. mikr.-anat. Forschg. 17, 1, 1929. — *Poirier, P. et A. Charpy*: Traité d'Anatomie humaine II, 2e fasc., Angéiologie. Paris, 1912. — *Rein, H.*: Einführung in die Physiologie des Menschen. Berlin 1938. — *Ribbert, H.*: Erkrankungen des Endocards. Handb. spez. Path. Anat. und Histol. 2, 184, 1926. — *Romeis, B.*: Taschenbuch d. mikr. Technik. 14. Aufl. München-Berlin, 1943. — *Rutherford, D. and Harper, W. F.*: J. Anat. 66, 610, 1932. — *Sato, Sh.*: Anat. Hefte, 50, 195, 1914. — *Sée, M.*: Recherches sur l'anatomie et la physiologie du coeur spécialement au point de vue du fonctionnement des valvules auriculoventriculaires. Paris 1875. — *Seipp, L.*: Anat. Hefte 6, 61, 1896. — *Tandler, J.*: Die Anatomie des Herzens. Handb. d. Anat. d. Menschen, 3, 1, Jena 1913. — *Tretiakoff, D.*: Arch. russ. d'Anat. 1, 233, 1916. — *Tretiakoff, D.*: Z. mikr.-anat. Forschg. 12, 30, 1927. — *Triepel, H.*: Einführung in die physikalische Anatomie. Wiesbaden, 1902–1908. — *Ziegenmeyer, H.*: Morph. Jahrb. 84, 342, 1940.

Eingegangen 4. Februar 1948.

Curriculum vitae

Ich wurde am 26. Februar 1922 in Sitterdorf (Thurgau) geboren. Dort besuchte ich die Primarschule während $5\frac{1}{2}$ Jahren, anschließend $\frac{1}{2}$ Jahr in Seen (Winterthur). In Winterthur beendete ich meine Mittelschulbildung am kantonalen Gymnasium mit der Maturitätsprüfung im Herbst 1940. Die 13 Semester meines Medizinstudiums verbrachte ich an der Universität Zürich, wo ich im Frühling 1947 die ärztliche Fachprüfung ablegte.

